



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑨⑦ EP 0 809 318 B 1

⑩ DE 697 13 958 T 2

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 01 P 1/38

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 697 13 958.1  
⑨⑥ Europäisches Aktenzeichen: 97 850 064.3  
⑨⑥ Europäischer Anmeldetag: 25. 4. 1997  
⑨⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 26. 11. 1997  
⑨⑦ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 17. 7. 2002  
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 27. 2. 2003

DE 697 13 958 T 2

- ③⑩ Unionspriorität:  
9601904 20. 05. 1996 SE
- ⑦③ Patentinhaber:  
Telefonaktiebolaget LM Ericsson, Stockholm, SE
- ⑦④ Vertreter:  
HOFFMANN · EITLE, 81925 München
- ⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
DE, DK, FI, FR, GB, NL

- ⑦② Erfinder:  
Ovist, Anders, 434 47 Kungsbacka, SE

⑤④ Zirkulator

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 697 13 958 T 2

25.09.02

EP 97 850 064.3

92 860 t2/kk

#### Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft Komponenten, die für die Verwendung in Wellenleitersystemen für Frequenzen im Mikrowellenbereich und in höheren Frequenzbereichen geeignet sind, wobei die Phasenversatzfähigkeit einer in einem magnetischen Feld platzierten Ferritsubstanz verwendet wird.

#### Stand der Technik

In Kommunikationssystemen wie beispielsweise Radioverbindungen sind Wellenleitersysteme verschiedener Art weit verbreitet für die Übertragung und die Signalverarbeitung von Mikrowellen. Mit Mikrowellen sind hier und im Folgenden Signale mit Frequenzen im Mikrowellenbereich sowie Signale mit höheren Frequenzen gemeint, beispielsweise solchen im Millimeter-Wellenbereich.

Der Zirkulator ist eine in diesen Situationen verwendete Komponente, welche die Eigenschaft hat, dass sie Mikrowellensignale zwischen bestimmten Wellenleiteröffnungen (Verbindungen) in dem Zirkulator überträgt, während andere Wege blockiert sind. In einem Zirkulator mit drei Öffnungen wird ein der Öffnung 1 zugeführtes Signal so an die Öffnung 2 übertragen, ein an die Öffnung 2 zugeführtes Signal wird an die Öffnung 3 übertragen, und ein der Öffnung 3 zugeführtes Signal wird an die Öffnung 1 übertragen, während die Signale in den entgegengesetzten Richtungen stark gedämpft sind, wodurch eine Isolation zwischen den Öffnungen erreicht wird.

Bei dem Zirkulator wird die Eigenschaft einer Ferritsubstanz, den Ferrit passierende Mikrowellensignale in der Phase zu

28.09.02

versetzen, unter dem Einfluss eines magnetischen Felds verwendet. Durch Dimensionieren der Ferritsubstanz, des magnetischen Felds, des Dielektrikums und andere Dinge auf geeignete Art und Weise können die oben beschriebenen Eigenschaften erzielt werden.

Eine große Anzahl unterschiedlicher Ausführungsformen von Zirkulatoren mit Ferritsubstanzen sind bekannt. Als Beispiel wird Bezug genommen auf einen Überblick über Zirkulatoren des Verbindungstypen im Magazin Electronic Engineering, September 1974, Seiten 66-68. Diese Zirkulatoren haben gemeinsam, dass Kombinationen aus Ferritsubstanzen und dielektrischen Substanzen zwischen den Wänden des Wellenleiters platziert sind. Um die Impedanz des Zirkulators an die mit ihm verbundenen Wellenleiter anzupassen, befindet sich normalerweise ein Impedanzumwandler angrenzend an die Ferritsubstanz.

Um gute elektrische Eigenschaften in Form eines geringen Einfüguungsverlusts und einer hohen Isolierung, kombiniert mit einer großen Bandbreite, zu erzielen, werden u.a. hohe Anforderungen an die mechanischen Dimensionen und die Positionierung der vorhandenen Komponenten gestellt. Dieses ist besonders wichtig für Signale in dem Millimeterbereich, wo die Komponenten sehr klein werden. Da es notwendig ist, die Komponenten zu fixieren, wird oft Klebstoff verwendet, wodurch es schwierig ist, anschließend Anpassungen durchzuführen. Dies bedeutet auch, dass die Montagearbeit beim Herstellen des Zirkulators kompliziert wird und die Fehlerhäufigkeit hoch ist. Das Ergebnis ist, dass es teuer wird, den Zirkulator herzustellen.

In der Zusammenfassung der japanischen Patentschrift Nr. 52-55355 ist ein Zirkulator beschrieben, dessen Montagearbeit vereinfacht ist. Ein Paket mit einer Ferritsubstanz in

26.09.02

Gestalt eines Pucks ist hier an einem Befestigungsteil angebracht worden, welcher dann durch eine Öffnung in einer der Wellenleiterwände in den Wellenleiter eingeführt worden ist. Der Befestigungsteil drückt das Paket in Richtung der gegenüberliegenden Wellenleiterwand, so dass das Paket auf diese Weise in dem Wellenleiter an seiner Stelle gehalten wird. Ein Flansch an dem Befestigungsteil liegt in Kontakt mit einer in der Öffnung positionierten Kante, an welcher er auch mit einer Schraube befestigt ist.

Obwohl dieser Aufbau eines Zirkulators die Montage vereinfacht, hat er auch einige Nachteile. Die Position des Befestigungsteils ist bestimmt, da er an der Kante der Öffnung angeschraubt wird, und dadurch ist der Abstand zwischen dem Befestigungsteil und der gegenüberliegenden Wellenleiterwand bestimmt. Ein guter Kontakt zwischen der Wellenleiterwand und dem Paket der Ferritsubstanz ist wichtig, und die Ferritsubstanz wird auch leicht beschädigt durch einen zu hohen mechanischen Druck, und daher müssen hohe Anforderungen an die Dimensionen des Pakets und des Befestigungsteils gestellt werden. Temperaturänderungen können zu steigenden Spannungen in der Ferritsubstanz oder zu einem Spiel zwischen dem Paket und der Wellenleiterwand führen, abhängig von den Koeffizienten der linearen Expansion der Teile.

Eine andere Art von Zirkulator wird wie folgt erhalten. Ein Paket mit Ferritsubstanz in Gestalt eines Pucks wird an einem Kolben platziert - welcher dem Befestigungsteil der oben genannten Zusammenfassung entspricht -, welcher Kolben dann in einen Wellenleiter durch eine Öffnung in einer Wellenleiterwand hindurchgeführt worden ist. Der Kolben ist in der Öffnung in der Wellenleiterwand beweglich, mit der geeigneten Spielpassung, und ein Federelement drückt den Kolben in Richtung des Pakets mit den Ferritpucks, so dass

28.09.02

dieses Paket in dem Wellenleiter zwischen dem Kolben und der gegenüberliegenden Wellenleiterwand an seiner Stelle gehalten wird. Auf diese Art und Weise wird die Montage unempfindlich für Variationen in den Dimensionen des Pakets und des Kolbens. Der Federkoeffizient und die Anfangsspannung des Federelements sind so gewählt, dass das Federelement Veränderungen in der Dimension kompensieren kann, die durch Temperaturveränderungen verursacht werden, ohne dass eine zu hohe Spannung oder ein Spiel aufträte.

Dieser Zirkulator hat jedoch auch Nachteile. Der Kolben und der Körper des Wellenleitergehäuses können manchmal keinen guten galvanischen Kontakt miteinander haben. Dies führt dazu, dass die elektrischen Eigenschaften des Zirkulators verschlechtert sind - zu allererst hinsichtlich der Einfügungsverluste. Da sich der Kolben in der Öffnung mit der geeigneten Spielpassung bewegen kann und nicht fixiert ist, ist er in gewissem Maße empfindlich für die Montage (lose), da er nicht immer perfekt in der Öffnung zentriert ist. Es kann auch ein bestimmtes Risiko bestehen, dass die elektrische Leistung des Zirkulators durch Stöße und Schwingungen beeinträchtigt wird.

#### Beschreibung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung soll das folgende Problem lösen: Zunächst soll sie einen Zirkulator schaffen, für den die Montage einfach und unempfindlich ist und für den die Anforderungen an die Abmaße der Bestandteile sich in Grenzen halten. Zweitens muss die Leistung des Zirkulators hinsichtlich des galvanischen Kontakts zwischen den Teilen, der Frequenzeigenschaften, des Einfügungsverlusts, der Reflexion und der Isolierung gut sein. Drittens muss der Zirkulator Schwingungen, Stöße und große

25.09.02

Temperaturveränderungen ertragen können, ohne beschädigt zu werden und ohne dass die Leistung signifikant reduziert wird.

Allgemein gesagt werden die Probleme wie folgt gelöst. Ein Paket mit einer Ferritsubstanz in Gestalt eines Pucks ist an einem beweglichen und elektrisch leitenden Element angeordnet. Ein Bereich des beweglichen Elements befindet sich in einer Öffnung in einer der Wellenleiterwände des Zirkulators und ist in dieser Öffnung gleitbar. Das Paket mit dem Ferritmaterial wird an seiner Stelle gehalten in einem Wellenleiter zwischen dem beweglichen Element und einer Wellenleiterwand, wobei die Wellenleiterwand der Wellenleiterwand gegenüberliegt, an welcher sich die Öffnung befindet. An dem Bereich des beweglichen Elements, welcher sich in der Öffnung befindet, ist zumindest ein Abschnitt deformierbar in Richtung der Wand der Öffnung. Zumindest ein Druckelement ist so ausgestaltet, dass es begrenzte Bereiche der verformbaren Abschnitte in Richtung der Wand der Öffnung presst. Gemäß der Erfindung wird weiter vorgeschlagen, dass der Abstand zwischen diesen begrenzten und der Wellenleiterwand, in welcher sich die Öffnung befindet, im Wesentlichen gleich der Hälfte der Arbeitslänge des Zirkulators ist, wodurch der Zirkulator besonders gute elektrische Eigenschaften erhält. Das Ziel der Erfindung ist daher, dass, wenn die begrenzten Bereiche in Richtung der Wand der Öffnung gepresst werden, ein guter mechanischer und galvanischer Kontakt zwischen dem beweglichen Element und der Wand der Öffnung erzeugt wird.

Genauer gesagt werden die oben aufgelisteten Probleme gemäß dem Folgenden gelöst. Als Vorschlag besteht das bewegliche Element aus einem röhrenförmigen Metallkolben. Die Gestalt des Kolbens entspricht der Gestalt einer Öffnung in einer Wellenleiterwand, und der Kolben ist zumindest teilweise in dieser Öffnung angeordnet. Der Kolben weist ein erstes Ende



28.09.02

auf, welches beispielsweise geschlossen ist, so dass ein Paket einer Ferritsubstanz in Gestalt eines Pucks an diesem Ende angeordnet sein kann. Das Paket wird in dem Wellenleiter zwischen dem ersten Ende des Kolbens und einer gegenüberliegenden Wellenleiterwand an seiner Stelle gehalten. Das andere Ende des Kolbens ist offen und mit Schlitz versehen, welche sich beispielsweise im Wesentlichen in Längsrichtung des Kolbens erstrecken. Aufgrund der Schlitz kann die Kante des Rohrs am offenen Ende des Kolbens bezüglich des Rests des Kolbens in Richtung der Wand der Öffnung verformt werden. Die Rohrkante kann jedoch nicht bezüglich des Rests des Kolbens in Längsrichtung der Öffnung verformt werden. Ein Druckelement liegt nahe der Rohrkante am anderen Ende des Kolbens. Es wird vorgeschlagen, die Oberfläche des Druckelements, welches sich nahe an der Rohrkante befindet, in einem solchen Winkel anzuordnen, dass das Druckelement eine Kraft auf die Rohrkante sowohl in Längsrichtung der Öffnung als auch in Richtung der Wände der Öffnung ausübt, wodurch der Kolben in Richtung des Pakets mit der Ferritsubstanz gedrückt werden, während die Rohrkante in Richtung der Wand der Öffnung gedrückt wird. Das Druckelement kann für einen Kolben mit einem kreisförmigen Querschnitt beispielsweise eine Schraube mit einer konischen Spitze sein, welche konische Spitze in Kontakt mit der Rohrkante geraten soll. Die Öffnung in der Wellenleiterwand ist beispielsweise mit Gewinden entsprechend den Gewinden der Schraube ausgestattet, so dass die Schraube in Richtung des röhrenförmigen Kolbens eingeführt werden kann. Die Schraube wird hier mit einem wohldefinierten Moment hineingeschraubt, so dass das Paket in guten Kontakt mit der gegenüberliegenden Wellenleiterwand gebracht wird, ohne dass die Ferritsubstanz gleichzeitig einer zu hohen Druckbelastung unterliegt.

28.09.02

Die Erfindung hat zusätzlich zur Lösung der oben aufgelisteten Probleme den Vorteil, dass die Montage relativ einfach und kostengünstig wird.

Im Folgenden wird die Erfindung genauer beschrieben mittels bevorzugter Ausführungsformen und mit Bezug auf die anliegenden Zeichnungen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht einer ersten gemäß der Erfindung aufgebauten Zirkulatorkonstruktion.

Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht einer zweiten gemäß der Erfindung aufgebauten Zirkulatorkonstruktion.

Fig. 3 ist eine Querschnittsansicht einer dritten gemäß der Erfindung aufgebauten Zirkulatorkonstruktion.

#### Bevorzugte Ausführungsformen

Im Folgenden ist mit Bezug auf Fig. 1 ein Beispiel einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Zirkulators beschrieben. Der Zirkulator 100 im Beispiel ist ein Zirkulator mit drei Öffnungen. Die Öffnungen an einem solchen Zirkulator sind in regelmäßigen Abständen um den Umfang des Zirkulators im Abstand von  $120^\circ$  angeordnet. Der in der Zeichnung dargestellte Querschnitt verläuft durch den Mittelpunkt einer der Öffnungen und durch die Mitte des Zirkulators.

Der Zirkulator weist ein Wellenleitergehäuse auf, und in der Ausführungsform in Fig. 1 weist das Wellenleitergehäuse zwei Blöcke auf, einen oberen Teil 101 und einen unteren Teil 102. Diese Teile 101 und 102 sind auf geeignete Weise



zusammengefügt, beispielsweise mit Klebstoff oder mit einer Schraubverbindung. Das Wellenleitergehäuse ist in einem elektrisch leitfähigen Material, beispielsweise Metall, hergestellt. Von der Mittelachse 103 des Zirkulators erstrecken sich drei Nuten mit rechteckigem Querschnitt im unteren Teil. Die drei Nuten haben einen Abstand von  $120^\circ$ . Zusammen mit der unteren Seite des oberen Teils 101 bilden die drei Nuten Wellenleiter, welche die Öffnungen des Zirkulators ausmachen. In der Zeichnung bezeichnet die Bezugsziffer 105 eine solche Öffnung. Dieser Raum kann eine unterschiedliche Gestalt haben, abhängig von dem Herstellungsverfahren und den gewünschten Eigenschaften des Zirkulators 100.

Im unteren Teil 102 befindet sich eine Öffnung 111, in welcher sich ein bewegliches Element 114 mit der geeigneten Spielpassung bewegen kann. Das bewegliche Element 114 ist in Fig. 1 dargestellt als röhrenförmiger Metallkolben 114. Die Öffnung 111 und der Kolben 114 in dem hier gezeigten Beispiel haben einen kreisförmigen Querschnitt.

Das Ende 117 des Kolbens, welches von dem Raum 108 wegweist, ist offen und mit Schlitzten 120 versehen, welche sich in der Zeichnung parallel zur Mittelachse des Kolbens erstrecken. Die Schlitzte 120 teilen das offene Ende 117 des Kolbens 114 in eine Anzahl von balkenförmigen Abschnitten. Durch Auswählen der Größe, der Position und der Anzahl der Schlitzte 120 auf geeignete Art und Weise sind diese Abschnitte deformierbar in Richtung der Wand der Öffnung 111. Das Ende 123 des Kolbens 114, welches sich nahe an dem Raum 108 befindet, ist geschlossen und tritt um einen bestimmten Abstand in den Raum 108 hinein. Dieses Ende 123 des Kolbens dient daher als Radialumwandler, welcher Umwandler mit einer geeigneten Höhe und einem geeigneten Durchmesser die

28.09.02

Zirkulatorimpedanz an die Impedanzen der Wellenleiter anpasst, die mit den Wellenleiteröffnungen verbunden werden.

Auf der oberen Seite des Endes des Kolbens nahe an dem Raum 108 befindet sich ein erhabener Bereich 126. Dieser erhabene Bereich bestimmt mit einem hohen Grad an Genauigkeit die Position eines Gehäuses 129 mit dünnen Wänden, indem er den Innendurchmesser der Gehäuses entsprechend dem Durchmesser des erhabenen Bereichs ausgestaltet. Das Gehäuse 129 wird aus einem dielektrischen Material hergestellt, welches auch relativ elastisch ist.

Innerhalb des Gehäuses sind zwei zylindrische - puckartige - Ferritteile 132 und 135 platziert. Diese Ferritpucks 132 und 135 sind mittels eines dielektrischen Pucks 138 voneinander getrennt, welcher auch zylindrisch ist. Die Länge des Gehäuses 129 soll der summierten Höhe des erhabenen Bereichs 126, der Ferritpucks 132 und 135 und des dielektrischen Pucks 138 entsprechen.

In einem Hohlraum 141 im oberen Teil 101 befindet sich ein Magnet 144, welcher zusammen mit einem Magneten 147 innerhalb des röhrenförmigen Kolbens 114 einen magnetischen Fluss durch die Ferritpucks 132 und 135 hindurch erzeugt.

Die Öffnung 111 im unteren Teil 102 ist eine Durchgangsöffnung und hat einen Ausgang 150 an der unteren Seite des unteren Teils. Die Öffnung 11 ist am Ausgang 150 mit Gewinden versehen, welche sich ein bisschen in die Öffnung hinein erstrecken. Ein Druckelement in Gestalt einer Schraube 156 mit entsprechenden Gewinden 159 ist in die Öffnung 111 hineingeschraubt. Die Schraube 156 hat eine konische Spitze 162, welche in Kontakt mit der Kante 165 des offenen Endes 117 des röhrenförmigen Kolbens liegt. Um den

Kontakt zu verbessern, hat die Kante 156 eine Fase mit einer Gestalt, die der Gestalt der konischen Spitze 162 entspricht.

Die konische Spitze 162 drückt den Kolben 114 in Richtung der Öffnung 111, und der Kolben drückt daher seinerseits den oberen Ferritpuck 132 in Richtung des oberen Teils 101, wodurch ein guter mechanischer Kontakt und daher auch ein guter thermischer und galvanischer Kontakt zwischen dem oberen Teil, den Pucks und dem Kolben erzielt wird. Wenn aufgrund einer nachteiligen Ansammlung von maximalen Toleranzen sich das obere Ende des Gehäuses 129 nach jenseits des Ferritpucks 132 erstrecken würde, welcher am nächsten am oberen Teil 101 liegt, wird sich das Gehäuse, da es aus einem relativ elastischen Material hergestellt ist, ein wenig verformen, so dass selbst im nachteiligsten Fall der Ferritpuck 132 in Kontakt mit dem oberen Teil 101 gelangt. In der entgegengesetzten Situation wird das Ende des Gehäuses 129 den oberen Teil 101 nicht erreichen, aber dies wird in der Praxis die Funktion nicht beeinflussen.

Die Schlitzte 120 teilen, wie zuvor bereits erwähnt, das offene Ende 117 des Kolbens 114 in eine Anzahl balkenartiger Abschnitte, welche in Richtung der Wand der Öffnung 111 verformbar sind. Die Kante 165 des offenen Endes 114 bildet hier einen begrenzten Bereich dieser formbaren Abschnitte. Wenn die konische Spitze 162 gegen die Kante 165 drückt, wird diese Kante auswärts gegen die Wände der Öffnung 111 gedrückt werden, wodurch ein sehr guter mechanischer und galvanischer Kontakt zwischen der Kante 165 und dem Material in der Wand der Öffnung erzielt wird.

Der gute galvanische Kontakt zwischen dem Kolben 114 und dem Material in der Wand der Öffnung gibt dem Zirkulator 100 verbesserte elektrische Eigenschaften, hauptsächlich im Hinblick auf Einfügungsverluste, aber auch im Hinblick auf

25.09.02

Reflexion und Isolation. Der gute mechanische Kontakt stellt sicher, dass der Kolben 114 in der Öffnung 111 gut zentriert ist, so dass der Zirkulator 100 einfacher zu montieren ist und Stöße und Schwingungen in einem größeren Maße ertragen kann, ohne dass seine elektrische Leistungsfähigkeit zu sehr beeinträchtigt würde.

Es ist möglich, dass Mikrowellensignale sich in der Lücke 168 zwischen dem Kolben 114 und den Wänden der Öffnung 111 verbreiten. Die Kante 165 des offenen Endes 117 liegt jedoch dicht gegen die Wand der Öffnung 111 an, so dass dieser Bereich des Kolbens als Kurzschluss angesehen werden kann. Die Mikrowellensignale werden in diesem Kurzschluss reflektiert, und dies kann zu Resonanzeffekten führen, welche die Leistungsfähigkeit des Zirkulators 100 beeinträchtigen können. Um dies zu vermeiden, wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, die Teile des Zirkulators 100 so zu dimensionieren, dass der Abstand zwischen der Wellenleiterwand 171 im unteren Teil 102 und der Kante 165 im Wesentlichen der Hälfte der Wellenlänge ( $\lambda/2$ ) der Arbeitswellenlänge des Zirkulators entspricht. Die Mikrowellen werden sich dann zunächst in einem Abstand von einer halben Wellenlänge verbreiten, dann reflektiert werden und um einen Abstand einer halben Wellenlänge zurücklaufen, das heißt insgesamt eine gesamte Wellenlänge zurücklegen. Dies kann so gesehen werden, als ob der Kurzschluss am Ende des Kolbens, wo die Schlitze sind, bis zur Wellenleiterwand transformiert wird. Im Mikrowellenbereich entspricht dies der Situation, in der die Lücke 168 nicht existiert. Natürlich funktioniert dies genauso gut, wenn der Abstand zwischen der Wellenleiterwand 171 und der Kante 165 im Wesentlichen einer beliebigen ganzzahligen Anzahl halber Wellenlängen ( $N \cdot \lambda/2$ ) entspricht.

Wenn die Temperatur sich verändert, werden sich die Abmaße aller Komponenten des Zirkulators gemäß dem Koeffizienten der linearen Expansion jeder Substanz verändern.

Temperaturvariationen können daher eine so hohe Druckbelastung der Ferritpucks 132 und 135 erzeugen, dass diese beschädigt werden. Natürlich kann auch das Gegenteil auftreten, das heißt die Druckbelastung fällt ab, so dass der Kontakt zwischen dem oberen Ferritpuck 132 und dem oberen Teil 101 nicht gut genug ist. Um sicherzustellen, dass nichts davon geschieht, wird gemäß der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, den dielektrischen Puck 138 aus einem dielektrischen Material herzustellen, welches auch relativ elastisch ist. Dieser Puck 138 kann dann deformiert werden und daher die Veränderungen der Dimensionen der anderen Komponenten ausgleichen, ohne dass der komprimierte Zustand der Ferritpucks 132 und 135 beeinflusst würde.

Wenn die Anordnung gemäß der oben beschriebenen Ausführungsform verwendet wird, wird die Montage genau und leicht durchzuführen sein. Der Magnet 147 ist in den röhrenförmigen Kolben 114 hineingeklebt. Das Gehäuse 129 ist auf den erhabenen Bereich 126 aufgedrückt, welcher das Gehäuse an seiner Stelle hält. Die Pucks 132, 135 und 138 sind in dem Gehäuse 129 platziert, wo sie mittels des Magneten an ihrer Stelle gehalten werden. Das offene Ende 117 des Kolbens 114, welches die Schlitz hat, wird dann auf die konische Spitze 162 der Schraube 156 platziert, und die Anordnung wird so weit in die Öffnung 111 eingeführt, dass die Schraube hineingeschraubt werden kann. Die Schraube 156 wird geschraubt, bis das Gehäuse 129 und der obere Ferritpuck 132 die Wellenleiterwand 174 im oberen Teil 101 berühren. Das Hineinschrauben der Schraube wird dann fortgesetzt, bis ein wohldefiniertes Drehmoment erreicht ist, welches Drehmoment so gewählt ist, dass ein geeigneter Druck zwischen dem oberen

26.09.02

Teil 101 und dem Ferritpuck 132 erzielt wird, welcher diesen Teil berührt.

In Fig. 2 ist eine andere Ausführungsform eines Zirkulators 200 gemäß der Erfindung dargestellt. Der Zirkulator 200 in Fig. 2 zeigt große Gemeinsamkeiten mit dem in Fig. 1, und daher werden hauptsächlich die Unterschiede beschrieben. Die Teile, die sich in den beiden Ausführungsformen gleichen, werden nur sehr kurz beschrieben, oder auf ihre Beschreibung wird ganz verzichtet.

Ein Kolben 214, gezeichnet in Fig. 2 auf die gleiche Art und Weise wie der Kolben in Fig. 1, ist in einer Öffnung 211 entsprechend der Öffnung 111 in Fig. 1 angeordnet. Genau wie in Fig. 1 werden ein Gehäuse 229, zwei Ferritpucks 232 und 235 und ein dielektrischer Puck 238 an ihrer Stelle in einem Raum 208 zwischen dem Kolben 214 und einem oberen Teil 201 gehalten. Die Öffnung 211 hat, genau wie die Öffnung 111 in Fig. 1, einen Ausgang auf der unteren Seite eines unteren Teils 202, und Gewinde 253 erstrecken sich von diesem Ausgang 250 in die Öffnung 211 hinein.

Die Schraube 156 in Fig. 1 ist durch zwei Teile ersetzt, nämlich durch ein Kontaktelement 255 und eine Aufschraubkappe 260.

Das Kontaktelement 255 ist in der Öffnung 211 mit der geeigneten Spielpassung angeordnet und hat eine konische obere Seite 257 und eine ebene untere Seite 258. Die konische obere Seite 257 liegt in Kontakt mit der Kante 265 des offenen Endes 217.

Die Aufschraubkappe 260 ist mit Gewinden 261 entsprechend den Gewinden 253 in der Öffnung 211 versehen und auch in diese Gewinde hineingeschraubt. Die Seite der Aufschraubkappe 260,



die zum Kontaktelement 255 hinweist, ist mit einem konvexen Teil 263 versehen, und dieser konvexe Teil liegt in Kontakt mit der ebenen Unterseite 258 des Kontaktelements 255. Der konvexe Teil 263 der Aufschraubkappe 260 ist so ausgestaltet, dass die Aufschraubkappe und das Kontaktelement 255 leicht gegeneinander verdreht werden können, ohne dass ein signifikantes Drehmoment zwischen diesen Teilen aufträte. Die Aufschraubkappe 260 presst so das Kontaktelement 255 in Längsrichtung der Öffnung 211, und das Kontaktelement drückt seinerseits gegen die Kante 265 des Endes des Kolbens 214, wo sich die Schlitz befinden.

Die Bestandteile des Zirkulators 200 sind, genau wie bei dem Zirkulator 100 in Fig. 1, so ausgestaltet, dass der Abstand zwischen der Wellenleiterwand 271 im unteren Teil 202 und die Kante 265 des offenen Endes 217 im Wesentlichen der halben Wellenlänge ( $\lambda/2$ ) der Arbeitswellenlänge des Zirkulators 200 entsprechen.

Um Veränderungen in den Dimensionen zu kompensieren, die sich aus Variationen der Temperatur ergeben, kann der dielektrische Puck 238, genau wie bei dem Zirkulator 100 in Fig. 1, aus einem relativ elastischen Material hergestellt sein.

Die Montage der Ausführungsform in Fig. 2 wird präzise und einfach durchführbar. Das Gehäuse 229, der Magnet 247 und die Pucks 232, 235 und 238 werden an dem Kolben 214 angebracht, genau wie bei dem Zirkulator 100 in Fig. 1. Das offene Ende 217 des Kolbens 214 wird auf die konische obere Seite 247 des Kontaktelements 255 platziert. Der Kolben 214, das Gehäuse 229, die Pucks 232, 235 und 238 und das Kontaktelement 225 werden dann in die Öffnung 211 durch den Ausgang 250 eingeführt. Der konvexe Teil 263 der Aufschraubkappe 260 wird in Kontakt mit der Unterseite 258 des Kontaktelements 255

28.09.02

gebracht, und die Aufschraubkappe wird in die Öffnung 211 hineingeschraubt, bis das Gehäuse 229 und der obere Ferritpuck 232 die Wellenleiterwand 274 in dem oberen Teil 201 berühren. Das Aufdrehen der Aufschraubkappe 260 wird dann fortgeführt, bis ein wohldefiniertes Drehmoment erreicht ist, welches Drehmoment so ausgewählt ist, dass der Druck zwischen dem oberen Teil 201 und dem Ferritpuck 232, der diesen Teil berührt, einen vernünftigen Wert annimmt.

Der Kolben 214 und die Öffnung 211 haben in dem Zirkulator 200 in Fig. 2 kreisförmige Gestalten. Mit einigen kleineren Modifikationen wird der Zirkulatoraufbau aus Fig. 2 jedoch auch andere Gestalten des Kolbens und der Öffnung ermöglichen - was der Zirkulator in Fig. 1 nicht ermöglicht.

Beispielsweise kann der Kolben einen rechteckigen Querschnitt haben, und die hierfür notwendigen Modifikationen sind wie folgt.

Der Bereich der Öffnung, in welchem der rechteckige Kolben mit der geeigneten Spielpassung angeordnet werden soll, muss natürlich eine entsprechende rechteckige Gestalt haben. Der Rest der Öffnung braucht nicht diese rechteckige Gestalt zu haben, muss jedoch so dimensioniert sein, dass kein Risiko besteht, dass der Kolben sich verklemmt, wenn der Zirkulator montiert wird. Der Gewindebereich der Öffnung muss jedoch stets eine kreisförmige Gestalt haben, so dass die Aufschraubkappe aufgesetzt werden kann.

Das von dem Raum weiter entfernte Ende des Kolbens ist immer noch offen und hat Schlitze. Es ist jedoch vorteilhaft, wenn die Schlitze in den Ecken des Rechtecks platziert worden sind, da in diesem Fall die Kante des offenen Endes sich leichter gegen die Wand der Öffnung verformen wird.

28.09.02

Die obere Seite des Kontaktelements kann nicht konisch sein, kann jedoch stattdessen vorteilhaft eine pyramidenartige Gestalt haben, so dass die obere Seite des Kontaktelements eng an der Kante des offenen Endes anliegen kann, welche nun rechteckig ist. Die Gestalt des Kontaktelements muss in allen anderen Aspekten so sein, so dass das Kontaktelement in der Öffnung mit der geeigneten Spielpassung angeordnet ist.

In Fig. 3 ist eine noch andere Ausführungsform eines Zirkulators 300 gemäß der Erfindung dargestellt. Dieser Zirkulator 300 hat auch große Übereinstimmung mit dem Zirkulator 100 aus Fig. 1, und daher werden hauptsächlich die Unterschiede beschrieben, wohingegen die Gemeinsamkeiten nur kurz beschrieben oder überhaupt nicht beschrieben werden.

Ein Kolben 314 in Fig. 3, gezeichnet auf die gleiche Art und Weise wie der Kolben 114 aus Fig. 1, ist in einer Öffnung 311 entsprechend der Öffnung 111 aus Fig. 1 angeordnet. Genau wie in Fig. 1 sind ein Gehäuse 329, zwei Ferritpucks 333 und 335 und ein dielektrischer Puck 338 in einem Raum 308 zwischen dem Kolben 314 und einem oberen Teil 301 an ihrer Stelle gehalten. Die Öffnung 311 hat, genau wie die Öffnung 111 in Fig. 1, einen Ausgang 350 auf der Unterseite eines unteren Teils 302, und Gewinde 353 erstrecken sich von diesem Ausgang 350 in die Öffnung 311.

Die Schraube 156 des Zirkulators 100 in Fig. 1 ist in dem Zirkulator 300 in Fig. 3 durch drei Teile ersetzt worden: durch ein Kontaktelement 355, durch eine Aufschraubkappe 360 und durch eine Schraubenfeder 364.

Das Kontaktelement 355 hat eine konische obere Seite 357, welche in Kontakt mit der Kante 365 des offenen Endes 317 des Kolbens 314 liegt. Die Unterseite 358 des Kontaktelements 355 ist mit einem hervorstehenden Teil 354 versehen, mit einer

28.09.02

kreisförmigen zylindrischen Gestalt. Dieser hervorstehende Teil 354 ist so positioniert, dass eine Mittellinie mit der Mittellinie der konischen oberen Seite 357 übereinstimmt.

Die Aufschraubkappe 360 ist mit Gewinden 316 entsprechend den Gewinden 353 in der Öffnung 311 versehen und in die Öffnung hineingeschraubt. Die Seite der Aufschraubkappe 360, welche zu dem Kontaktelement 355 hinweist, ist mit einem hervorstehenden Teil 363 mit einer kreisförmigen zylindrischen Gestalt versehen. Dieser hervorstehende Teil 363 hat den gleichen Durchmesser wie der hervorstehende Teil 354 der Unterseite 358 des Kontaktelements 355.

Die Schraubenfeder 364 hat einen Innendurchmesser, der den Durchmessern der beiden hervorstehenden Teile 354 und 363 entspricht, und sie liegt mit einem Ende in Kontakt mit der Unterseite 358 des Kontaktelements 355 und mit dem anderen Ende zu der Seite der Aufschraubkappe 360 hin, die zum Kontaktelement 355 hinweist. Die Schraubenfeder umschließt hier die beiden hervorstehenden Teile 354 und 363, wodurch verhindert wird, dass die Schraubenfeder 364 sich senkrecht zur Längsrichtung der Öffnung 311 bewegt. Die Schraubenfeder 364 wird teilweise komprimiert und übt so eine Kraft zwischen der Aufschraubkappe 360 und dem Kontaktelement 355 aus. Das Kontaktelement 355 wird daher gegen die Kante 365 des offenen Endes 317 des Kolbens 314 gedrückt.

Die Teile des Zirkulators 300 sind, genau wie bei dem Zirkulator 100 in Fig. 1, so dimensioniert, dass der Abstand zwischen der Wellenleiterwand 371 im unteren Teil 302 und die Kante 365 des offenen Endes 317 im Wesentlichen der halben Wellenlänge der Wellenlänge entspricht, die für den Zirkulator vorgesehen ist.

Die Schraubenfeder kann deformiert werden und so Größenveränderungen der Komponenten des Zirkulators 300 kompensieren, die durch Temperaturschwankungen verursacht werden, ohne den komprimierten Zustand der Pucks 332, 335 und 338 signifikant zu beeinflussen. Der Zirkulator 300 kann daher starke Temperaturschwankungen aufnehmen, ohne dass ein Risiko besteht, dass die Ferritpucks 332 und 335 beschädigt werden oder dass sich die Leistungsfähigkeit des Zirkulators 300 in anderen Aspekten verschlechtert. Da die Schraubenfeder 364 Größenänderungen kompensiert, kann der dielektrische Puck 338 aus einer keramischen Substanz bestehen.

Die Montage der Ausführungsform in Fig. 3 wird präzise und einfach durchführbar. Das Gehäuse 329, der Magnet 347 und die Pucks 332, 335 und 338 werden mit dem Kolben 314 auf die gleiche Art und Weise zusammengefügt wie bei dem Zirkulator 100 in Fig. 1. Das offene Ende 317 des Kolbens, welches die Schlitzte aufweist, wird an der konischen oberen Seite 357 des Kontaktelements 355 platziert. Ein Ende der Schraubenfeder 364 wird um den hervorstehenden Teil 354 auf der unteren Seite 358 des Kontaktelements 314 platziert. Das Kontaktelement 314 und die Schraubenfeder werden durch den Ausgang 350 so weit in die Öffnung hineingeführt, dass das Gehäuse 329 und die Pucks 332, 335 und 338 in Kontakt mit dem oberen Teil 301 gelangen. Das andere Ende der Schraubenfeder wird um den hervorstehenden Teil 363 der Aufschraubkappe 360 herum platziert, und die Aufschraubkappe wird in den Ausgang 350 eingeführt, so dass sie aufgedreht werden kann. Die Aufschraubkappe 360 wird mit einer vorbestimmten Anzahl von Umdrehungen verdreht. Die Anzahl der Umdrehungen ist bezüglich der Größe der Zirkulatorkomponenten und bezüglich des Federkoeffizienten der Schraubenfeder 364 so ausgewählt, dass der Druck zwischen dem oberen Teil 301 und dem Ferritpuck 332, der in Kontakt mit dem oberen Teil 301 liegt, einen vernünftigen Wert annimmt.

Der Zirkulator 300 aus Fig. 3 kann, wenn er modifiziert wird, auch verwendet werden, wenn der Kolben und die Öffnung nicht kreisförmig sind.

Wenn es beispielsweise wünschenswert ist, dass der Kolben einen rechteckigen Querschnitt hat, müssen die gleichen Modifikationen durchgeführt werden wie in dem Zirkulator in Fig. 2.

Oben sind einige vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung beschrieben worden. Andere Ausführungsformen sind natürlich auch möglich. Die Ferritpucks und der dielektrische Puck, welche in den oben beschriebenen Ausführungsformen eine kreisförmige Gestalt haben, können natürlich auch eine andere Gestalt haben, beispielsweise dreieckig sein. Abhängig von den gewünschten elektrischen Eigenschaften können die Verteilung und die Platzierung der Pucks verändert werden. In manchen Anwendungen können beispielsweise dielektrische Pucks vollständig weggelassen werden. Die Gestalt des dielektrischen Gehäuses muss an diese Modifikationen angepasst werden, aber da die Aufgabe des Gehäuses hauptsächlich ist, die Pucks zusammenzuhalten, kann es in manchen Anwendungen auch weggelassen werden oder beispielsweise durch Klebstoff ersetzt werden. Die Schraubenfeder 364 aus Fig. 3 kann natürlich auch durch eine andere Feder ausgetauscht werden, beispielsweise durch eine Federklemme.



25.09.02

EP 97 850 064.3

92 860 v6/st

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Zirkulator für Frequenzen im Mikrowellenbereich und höheren Frequenzen, umfassend ein Wellenleitergehäuse aus einer elektrisch leitenden Substanz; eine erste Wellenleiterwand (171, 271, 371), die in dem Wellenleitergehäuse angeordnet ist; ein Loch (111, 211, 311), das in der ersten Wellenleiterwand angeordnet ist und sich in das Wellenleitergehäuse erstreckt; eine zweite Wellenleiterwand (174, 274, 374), die in dem Wellenleitergehäuse und gegenüber der ersten Wellenleiterwand angeordnet ist; eine vorbestimmte Anzahl von zusätzlichen Wellenleiterwänden, die so angeordnet sind, dass sie zusammen mit der ersten und zweiten Wellenleiterwand ein Wellenleitersystem bilden, das in dem Wellenleitergehäuse positioniert ist, wobei das Wellenleitersystem mindestens drei Wellenleiteröffnungen (105, 205, 305) umfasst; ein bewegbares Element (114, 214, 314) aus einer elektrisch leitenden Substanz, das wiederum einen Bereich umfasst, der in dem Loch verschiebbar ist; mindestens einen Ferritpuck (132, 135; 232, 235; 332, 335), der zwischen dem bewegbaren Element und der zweiten Wellenleiterwand angeordnet ist, wobei das bewegbare Element zum Drücken in der Richtung in Richtung auf den Ferritpuck angeordnet ist; und mindestens eine Einrichtung (144, 147; 244, 247; 344, 347), die ein magnetisches Feld erzeugt, das so angeordnet ist, dass ein magnetischer Fluss durch den Ferritpuck erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Bereich des bewegbaren Elements mindestens einen deformierbaren Abschnitt umfasst, der in Richtung auf

die Wand des Lochs deformierbar ist; und dass mindestens ein Druckelement (156; 255, 266; 355, 360, 364) angeordnet ist, um einen begrenzten Bereich (165; 265; 365) des deformierbaren Abschnitts in Richtung auf die Wand des Lochs zu drücken.

2. Zirkulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen der ersten Wellenführungswand und dem begrenzten Gebiet im Wesentlichen einer vorbestimmten ganzzahligen Vielfachen der Hälfte der Arbeitswellenlänge des Wellenleiters entspricht.
3. Zirkulator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Bereich des bewegbaren Elements einen röhrenförmigen Kolben (114, 214, 314) umfasst, der in dem Loch mit einer geeigneten Zwischenraumpassung angeordnet ist; und dass der röhrenförmige Kolben mit Schlitzen (120, 220, 330) versehen ist, die so angeordnet sind, dass mindestens ein begrenztes Gebiet der Wand des röhrenförmigen Kolbens in der Richtung auf die Wand des Lochs deformiert werden kann.
4. Zirkulator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Ende (117, 217, 317) des röhrenförmigen Kolbens, das weg von der ersten Wellenleiterwand gerichtet ist, offen ist; dass die Schlitze am offenen Ende positioniert sind, und dass das begrenzte Gebiet aus dem Rand (165, 265, 365) des offenen Endes aufgebaut wird.
5. Zirkulator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckelement eine Kontaktfläche (162, 257, 357) umfasst, dass die Kontaktfläche in Kontakt mit dem Rand des offenen Endes liegt, dass das Druckelement so angeordnet ist, dass es die Kontaktfläche gegen den Rand des offenen Endes drückt, und dass die Kontaktfläche

25.09.02

unter solch einem Winkel relativ zum Rand des offenen Endes positioniert ist, dass der Rand in Richtung auf die Wand des Lochs gedrückt wird, während der röhrenförmige Kolben durch die Kontaktfläche gegen den Ferritpuck gedrückt wird.

6. Zirkulator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der röhrenförmige Kolben einen kreisförmigen Querschnitt hat und dass die Kontaktfläche rotationssymmetrisch um eine mittlere Achse ist, die mit der mittleren Achse des röhrenförmigen Kolbens zusammenfällt.
7. Zirkulator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche eine konische Gestalt aufweist.
8. Zirkulator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt des röhrenförmigen Kolbens ein Polygon ist.
9. Zirkulator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass einige der Schlitze entlang des Rands angeordnet sind, der durch die Ecken der Polygongestalt geformt wird.
10. Zirkulator nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche eine pyramidische Gestalt hat, wobei die Basis der Pyramide die gleiche polygonale Gestalt wie die Polygongestalt des röhrenförmigen Kolbens aufweist.
11. Zirkulator nach Anspruch 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die polygonale Gestalt rechteckig ist.

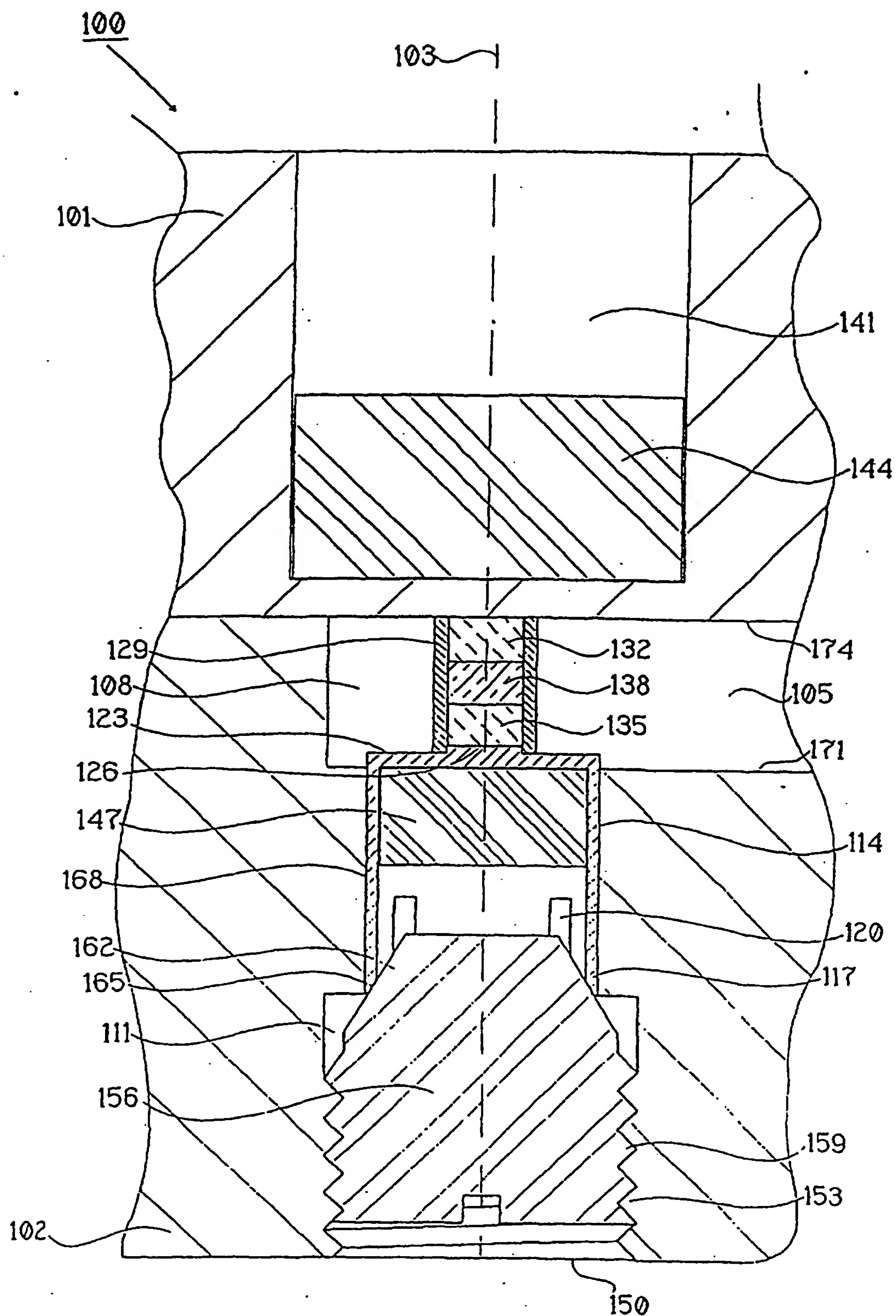
28.09.02

12. Zirkulator nach Anspruch 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die polygonale Gestalt dreieckförmig ist.
13. Zirkulator nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckelement ein Kontaktelement (255, 355) umfasst, das wiederum die Kontaktfläche umfasst und in dem Loch bewegbar angeordnet ist, dass das Druckelement eine mit Gewinde versehene Aufschraubkappe (260, 360) umfasst, dass das Loch Gewinde (253, 353) umfasst, die den Gewinden der aufschraubbaren Kappe entsprechen, wobei die aufschraubbare Kappe in diese Gewinde geschraubt wird, und dass das Druckelement angeordnet ist, um eine Kraft zwischen der aufschraubbaren Kappe und dem Kontaktelement auszuüben, wobei diese Kraft so ausgerichtet ist, dass die Kontaktfläche in Richtung auf den Rand des offenen Endes gedrückt wird.
14. Zirkulator nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Kontaktelement in dem Loch mit einer geeigneten Zwischenraumpassung angeordnet ist.
15. Zirkulator nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die aufschraubbare Kappe in Bezug auf das Kontaktelement um die mittlere Achse der aufschraubbaren Kappe drehbar ist.
16. Zirkulator nach Anspruch 13, 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraft zwischen der aufschraubbaren Kappe und dem Kontaktelement durch die aufschraubbare Kappe erhalten wird, die in Kontakt mit dem Kontaktelement ist.

25.09.02

17. Zirkulator nach Anspruch 13, 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraft zwischen der aufschraubbaren Kappe und dem Kontaktelement durch ein Federelement (364) erhalten wird, das in einem halbkomprimierten Zustand zwischen der aufschraubbaren Kappe und dem Kontaktelement angeordnet ist.
18. Zirkulator nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Federelement eine Schraubenfeder (364) ist.
19. Zirkulator nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckelement eine Schraube (156) ist, von der ein Ende die Kontaktfläche (162) umfasst; und dass das Loch Gewinde (153) umfasst, die den Gewinden der Schraube (159) entsprechen, wobei die Schraube in diese Gewinde geschraubt wird.
20. Zirkulator nach einem der Ansprüche 5 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Rand des offenen Endes des röhrenförmigen Kolbens, gegen den die Kontaktfläche liegt, eine Schräge umfasst mit einer Gestalt, die der Gestalt der Kontaktfläche entspricht.
21. Zirkulator nach einem der Ansprüche 3 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass einige der Schlitze im Wesentlichen parallel zur Längsachse des röhrenförmigen Kolbens angeordnet sind.
22. Zirkulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Ferritpucks vorhanden sind und dass die Ferritpucks durch dielektrische Pucks (138, 238, 338) getrennt sind, wobei mindestens einer der dielektrischen Pucks verhältnismäßig elastisch ist.

1/3





2/3

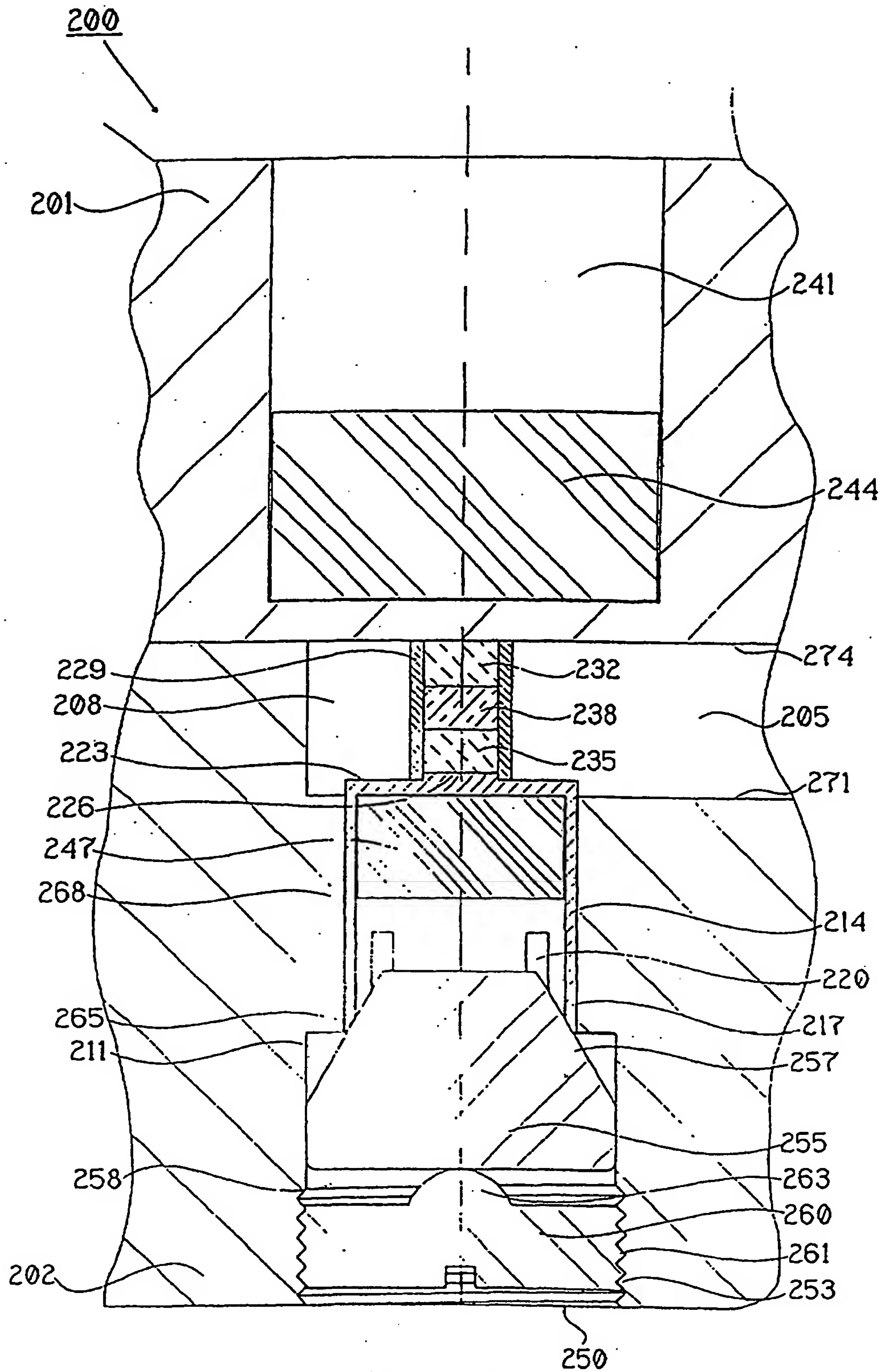


FIG 2

28-09-02

3/3

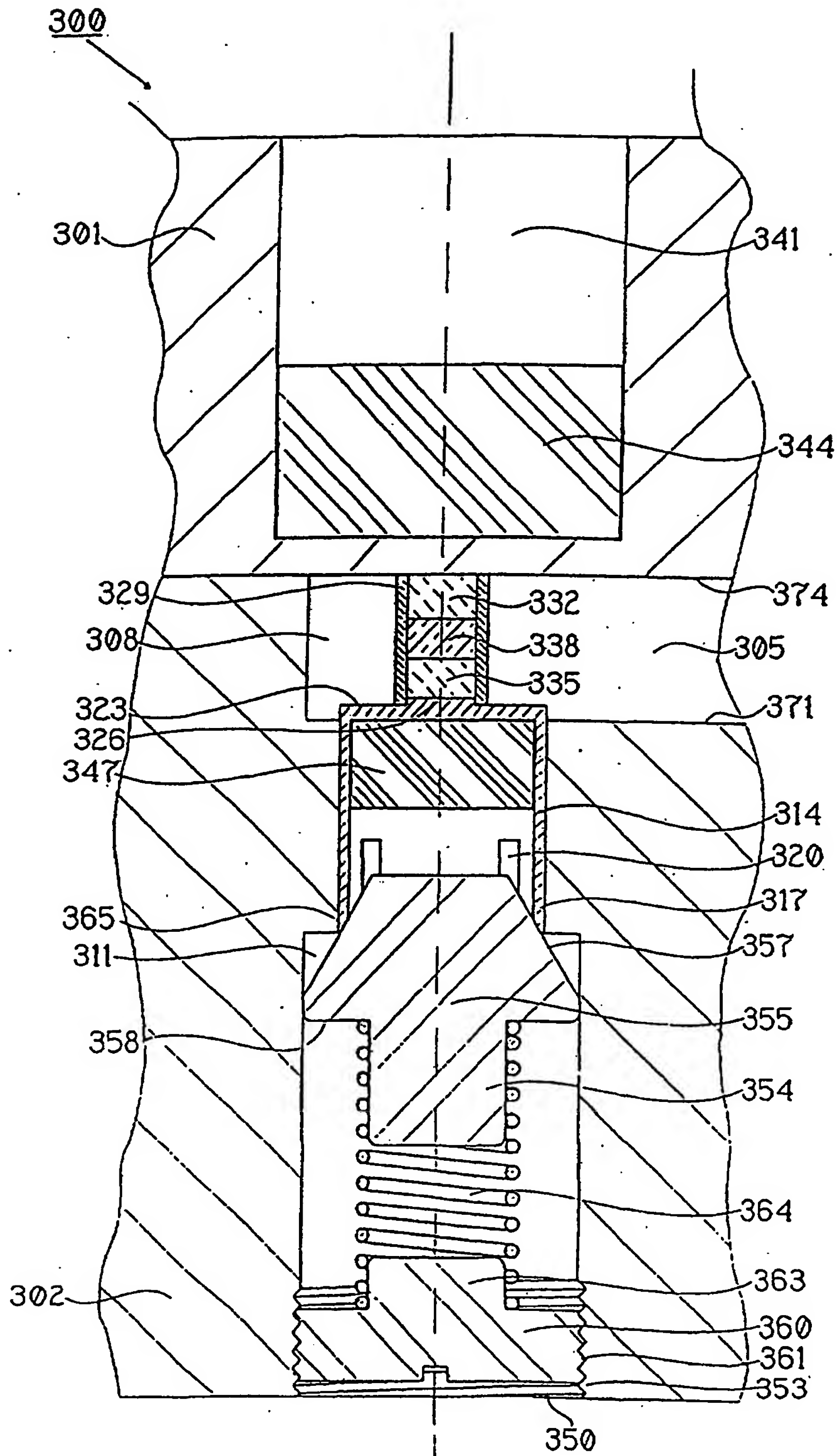


FIG 3